

電源開発 正会員 前原 充宏  
 東京大学生産技術研究所 正会員 小長井一男  
 日本大学生産工学部 正会員 田村重四郎

1. まえがき 基礎構造物と地盤の動的相互作用を検討する場合、構造物に対し大きな広がりを持つ地盤への波動の逸散を考慮した解析を行なう必要がある。弾性波動論を取り込んだ解析では、地盤の上下動が水平動に比べ十分小さいとし無視するという仮定が解析を容易にするものとしてしばしば用いられている。しかし、構造物近傍の地盤の表面では著しい上下動が生じる場合もある。そこで、状況に応じて上下動を0とせず、応力を0とすることも単純化の一手法として検討される必要がある。ここでは、底面を剛体基盤上に置きロッキング振動するケーソンを対象とし、簡便化のためのこれらの仮定の妥当性と問題点を検討した<sup>(1)</sup>。

2. 擬似三次元モデルによる井筒側方地盤の剛性評価 図1は、田村らによって提案された擬似三次元地盤モデル中にケーソンを置いたものである。弾性波動論で上下動を0とした場合のケーソン側方地盤の剛性は、このモデルで地盤に相当する平面を平面ひずみ状態とした解とよく一致することが確認されている<sup>(2)</sup>。しかし、地表面で応力が解放されていることを考慮して、この平面を平面応力状態とすると、平面内を伝播する縦波の速度  $V_p^*$  に以下のような大きな変化が現われる。

$$V_p^* = \sqrt{\frac{\lambda^* + 2\mu}{\rho}}, \quad \lambda^* = \lambda \text{ (平面ひずみ状態)}, \quad \lambda^* = \frac{2\lambda\mu}{\lambda + 2\mu} \text{ (平面応力状態)} \dots (1)$$

ここで、 $\lambda, \mu$  = Laméの定数。

さらに、ケーソンの側方地盤の剛性にも変化が生じ、これは、ポアソン比が0.5に近づくほど顕著になる。そこで、このようなポアソン比の大きな地盤中のケーソンから放射される波動(速度  $V_p^*$ )とケーソンの変位を模型実験で実際に観測し、これらの仮定の妥当性について検討を加える。

3. 井筒基礎から放射される波動 一様な厚さの表層地盤中の円筒ケーソンを対象として模型を作製する。

地盤の材料には、ポリアクリルアミドゲルを用いた。これを図2に示すように57cm×57cm×13.5cmの型枠内に深さ9cmで打設し、その中央に直径5cmのアクリル円筒をケーソンのモデルとして埋め込んでいる。

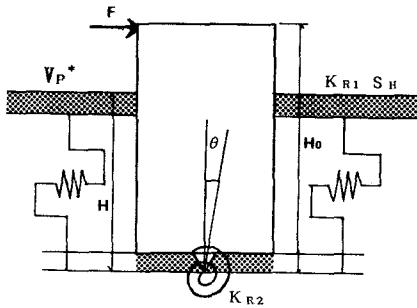


図1 表層地盤のモデル化

このケーソンにインパルスを入力する。ケーソンから放射された波頭をモアレを用いて観測した。1mm間隔で0.5mmの幅の縞がシルクスクリーン印刷されているシートを模型地盤表面に転写し、静止状態と波動が生じている状態で重ね撮りすることにより、モアレを生じさせる。格子の縞の方向は、インパ

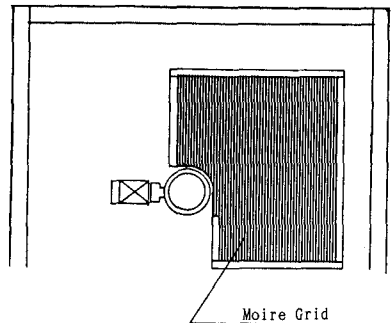
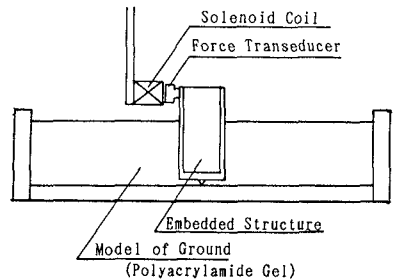


図2 地盤構造物模型

ルスの方向と直交するように設定されているので、打撃方向の変位の等高線がフリンジとして現れる。この方法で得られた模型表面のモアレ写真を図3に、これらの写真に対応する平面応力状態での擬似三次元モデルによるモアレのシュミレーション結果を図4に示す。模型材料のポアソン比はほぼ0.5であり、その中を伝播する縦波の速度はせん断波の速度(5.4m/s)に比べて著しく大きい。しかし、表面に現れた波頭はポアソン比0.5の平面応力状態の平板中を伝播するたて波速度 $V_p^*$ (式1)に極めて近い速度を保っている。シミュレーションでは、波頭の位置はモアレ写真と極めてよく対応している。

**4. ケーソンの変位** ケーソンの回転角を計測し、2つの異なる平面状態の仮定での数値シミュレーション結果と比較検討を行なった。数値シミュレーションでは、側方地盤の剛性 $K_{R1}$ (図1)は擬似三次元モデルにより、また、ケーソン

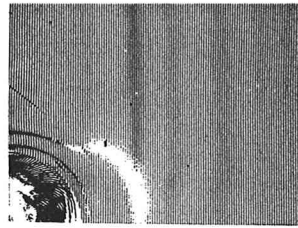
底面のばね $K_{R2}$ は、模型地盤の側方部分を取り去り、ケーソンの自由減衰振動を計測することで実験的に求めている。測定された回転角の時刻歴応答と、数値シミュレーション結果を図5に示す。打撃後、20msまでは、平面応力状態を仮定した解析結果は観測された応答に極めて近いものになっている。打撃方向の波頭が型枠に反射して戻ってくるのに約50msかかるので、それ以降の食い違いは反射波に起因するところが大きい。

**5. まとめ** ①ケーソンに衝撃を加えた時、模型地盤表面上にせん断波とその2倍の速度をもつ圧縮波の波頭が現れた。②擬似三次元モデルを用いて地盤をモデル化すると、この平面を平面応力状態としたときに観測結果に近い速度の波頭を表現することができる。

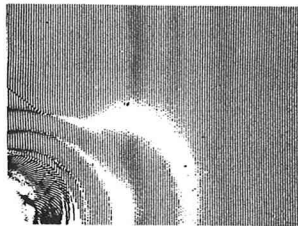
③地盤の剛性をモデル化すると、衝撃を加えらた時のケーソンの変位は、この平面を平面応力状態としたときに観測結果に近い結果が得られる。

参考文献 1) 小長井一男 前原充宏, 生産研究 第44巻 第4号, 1992

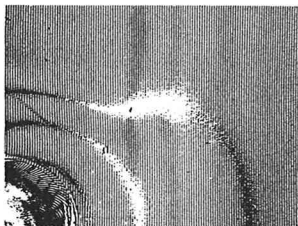
2) Tamura, C. Konagai, K and Suzuki, T., Report of I. I. S., Univ. of Tokyo, Vol.36, No.5, 1991.



(a) 2.5 ms

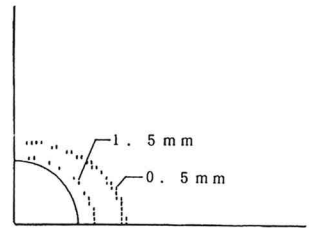


(b) 5.0 ms

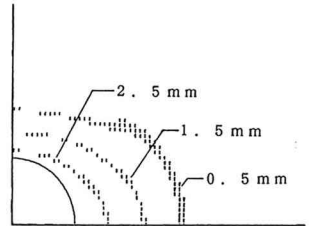


(c) 7.5 ms

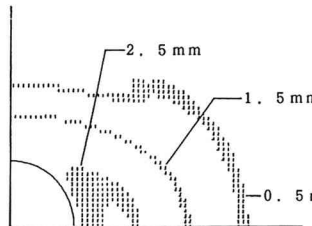
図3 地盤表面でのモアレフリンジ



(a) 2.5 ms



(b) 5.0 ms



(c) 7.5 ms

図4 模型地盤表面での打撃方向の等変位曲線

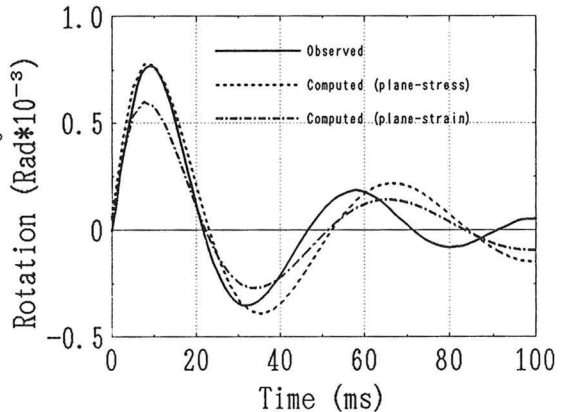


図5 ケーソンの変位